



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ

Fizik Bölümü

Modern Fizik Laboratuvarı

HALL ETKİSİ

8.DENEY

1 Deneyin Amacı:

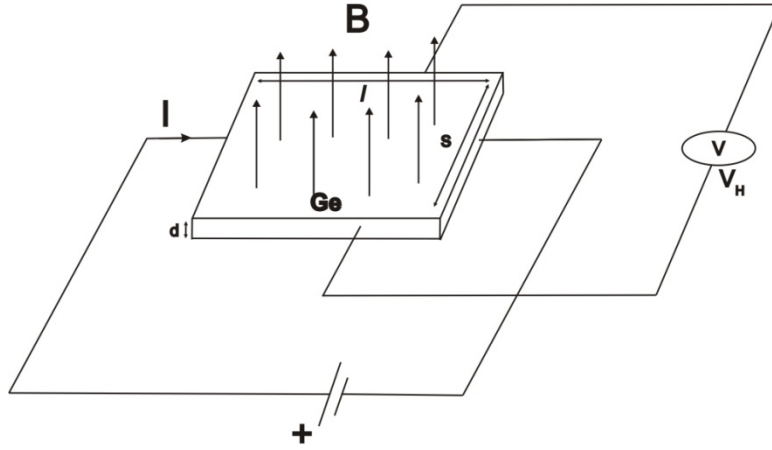
Yarı iletken maddenin Hall katsayısını, yük taşıyıcılarının yoğunluğunu ve kristalin mobilitesini belirlemek.

2 Araçlar:

Uyarılmış bir Germanyum Kristali ve üzerine oturtulacak bir ünite, Ray, Evrensel kablo ve bağlantıları, Mıknatıs tutucu ve kızak, 2 şer tane 3 farklı mıknatıs grubu, 2 adet multimetre, Güç Kaynağı

3 Teorik Bilgi:

Hall-etkisi elektrik ve manyetik alan altında kalan yük taşıyıcıların hareketlerini inceler . Bu taşıyıcılar iletken yada yarı-iletken bir maddenin içindedirler ve manyetik alan tarafından uygulanan kuvvet ile bu maddenin bir kenarında toplanırlar.



Şekil 1

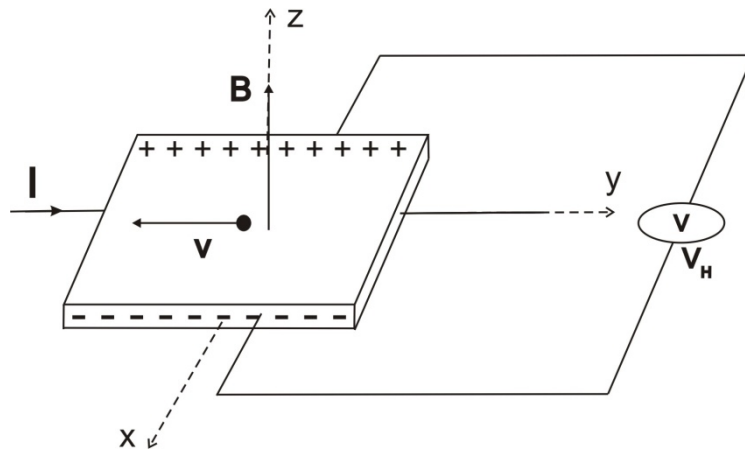
Şekil 1' de bir Hall-Etkisi deneyinin düzeneği gösterilmektedir. Görmüş olduğunuz gibi manyetik alan etkisi altında kalmış yarı iletken maddeye voltaj uygulanarak akım verilir (Kontrol Akımı). Manyetik alan sonucu hareket eden yükler **Lorentz Kuvveti**

$$F = q(v \times B) \quad (1)$$

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

etkisi altında kalırlar ve yük taşıyıcının cinsine bağlı olarak yarı-iletken maddenin bir kenarında toplanırlar. Denklem 1’de ‘ q ’ elektronun yada holün yükünü, ‘ v ’ ise hızını ifade eder.

N-tipi bir yarı iletken maddede yük taşıyıcılar akımın ters yönünde hareket eden negatif yüklü elektronlardır ve x-yönünde bir kuvvetin etkisinde kalıp yarı iletken maddeye Şekil 2’de görüldüğü gibi dağılırlar.



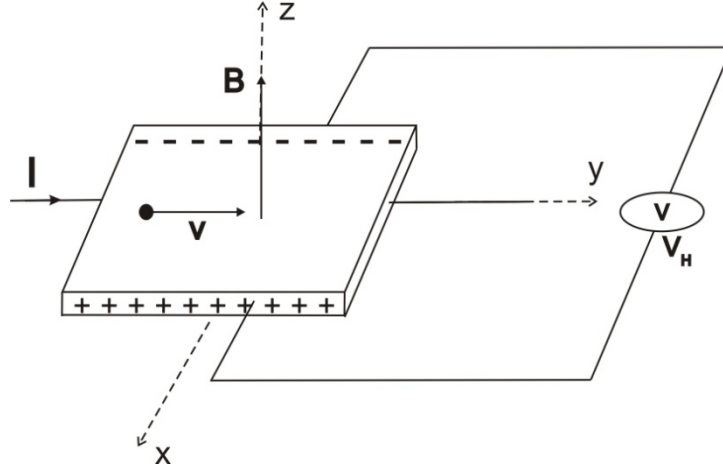
Şekil 2

Bu yük dağılımı sonucunda oluşan kutuplaşma sonucu bir elektrik alan oluşur (E_H).

Yük dağılımı devam ettikçe elektrik alan çoğalır ve manyetik kuvvetin tersine bir kuvvet uygular. Bu durumda elektrik alan manyetik kuvveti dengelediğinde yük dağılımı durur. Bu denge pozisyonunda yarı iletken maddedeki yük farkından dolayı oluşan voltaja *Hall Voltajı* (V_H) denir.

P- tipi bir yarı iletken maddede yük taşıyıcılar akımla aynı yönde giden pozitif yüklü hollerdir. Bu yük taşıyıcıları da, N-tipi bir yarı iletken maddede olduğu gibi, pozitif-x yönünde bir kuvvetin etkisinde kalıp Şekil 3 de görüldüğü gibi dağılırlar. Bu durumda , hollerin hareketi sonucu oluşan Hall Voltajın işareti elektronların oluşturduğu Hall Voltajın işaretine zıttır.

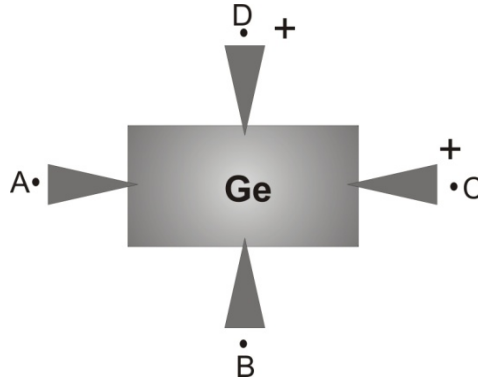
**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**



Şekil 3

Bu durum bizim yük taşıyıcıların ve yarı iletkenin hangi tip olduğunu anlamamızı sağlar.

Bu deneyde kullanacağımız yarı iletken madde *Germanyum Kristalidir* ve boyutları probun üzerinde yazılıdır (*l-uzunlu, s-genişlik, d-kalınlık*). (Şekil 4)



Şekil 4

AC noktaları arası yarıiletken e voltaj uygulanır . BD noktalarına voltmetre bağlanır ve *Hall Voltajı* ölçülür.

Hall elektrik alanına ' E_H ' dersek ve ' $F = Eq$ ' olduğuna göre Lorentz Kuvveti ve Elektrik alanın denge konumunda

$$qE_H = F_L \quad (2)$$

$$qE_H = qvB \quad (3)$$



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**

$$E_H = vB \quad (4)$$

denklemini elde ederiz. Şekil 1’de gördüğümüz gibi ‘s’ yarıiletkenin genişliği ve yükler arası uzaklıktır. Bu durumda Hall voltajı,

$$V_H = E_H s = vBs \quad (5)$$

şeklinde ifade edebiliriz. Yüklerin hızını bulmak için

$$I = nAvq \quad (6)$$

$$v = \frac{I}{nAq} \quad (7)$$

formülünü kullanırız. Burada ‘A’ yarıiletkenin kesit alanını, ‘n’ ise yük yoğunluğunu belirtmektedir. Ardından Denklemler 5 ve 7 kullanarak Hall voltajı,

$$V_H = \frac{IBs}{nqA} = \frac{IBs}{nqds} = \frac{IB}{nqd} = R_H \frac{IB}{d} \quad (8)$$

şeklinde elde edilir. Burada ‘d’ kristalin kalınlığıdır. Bu denklemde ‘ $R_H = \frac{1}{nq}$ ’ terimi ‘**Hall Katsayısı**’nı ifade eder.

Hall Mili: Kalınlığı ve içindeki yük yoğunluğu bilinen, belli bir akım vererek ve oluşan Hall voltajını ölçerek, bir alandaki manyetik alanı ölçmemizi sağlayan maddelere ‘Hall Mili’ denir.

Hall Mobilitesi (μ): Hall efekt deneyinde iki türlü alan oluşur. Bir tanesi de önceden belirttiğimiz şekilde yük taşıyıcıların dağılımı sonucu oluşan, ‘ E_H ’, diğeri ise yarıiletken maddeye verilen voltaj sonrası oluşan ‘Euyg’ dır. Yük taşıyıcılarının hızının sisteme verilen voltaj sonucu oluşan elektrik alanının oranına ‘Hall Mobilitesi’ denir. V_{uyg} kristalin uçları arasına uygulanan potansiyel olmak üzere,

$$E_{uyg} = \frac{V_{uyg}}{l} \quad (9)$$

Hall mobilitesini

$$\mu = \frac{v}{E_{uyg}} \quad (10)$$

Ve cismin iletkenliğini de

$$\sigma = \frac{l}{RA} \quad (11)$$

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

şeklinde ifade edersek; Hall mobilitesini (7), (9), (10) ve (11) denklemleri kullanarak

$$\mu = \frac{v}{E_{app}} = \frac{I}{nqA} \frac{l}{V_{app}} = \frac{l}{A} R_H \frac{I}{V_{app}} = \frac{l}{A} R_H \frac{1}{R} = R_H \sigma \quad (12)$$

şeklinde tanımlayabiliriz.

Deneyin Yapılışı:

1. Deney düzeneğini sorumlu öğretim elamanın gösterdiği şekilde kurun.

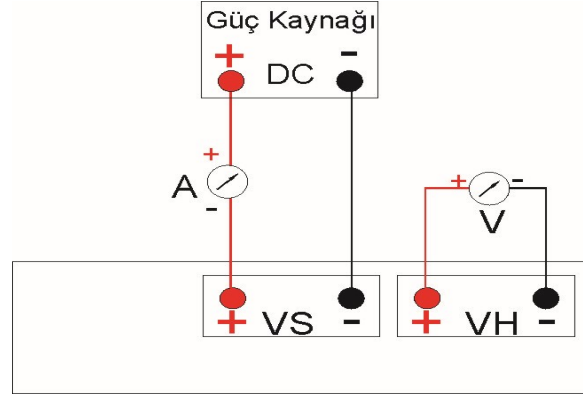
- A grubu mıknatıslardan bir tanesini probu 2 mm önüne yerleştirin ve Manyetik alan değeri tablosunda o uzaklığa eşdeğer gelen manyetik alanı Tablo 1'e not alın.
- Yarı iletken maddenin alt ve üst kısımları hall voltajı belirlemek için 1. multimetreye bağlı olacaktır. Platform üzerindeki çıkışlardan (+) çıkış kullanıp kabloyu voltmeterin (1. multimetre) (+) çıkışına bağlayın; voltmeterin (-) çıkışından çıkan kabloyu platform üzerindeki (-) çıkışa bağlayın (Şekil 5.)



Şekil 5

- Diğer bağlantı ; Güç kaynağının (+) çıkışına ve ampermetrenin (2. multimetrenin) (+) girişine bağlanacak kabloyu güç kaynağının çıkışına sıkıştırın ve multimetrenin girişine takın. Ardından multimetrenin (-) çıkışından çıkan kabloyu yarı iletken maddenin (+) çıkışına bağlayın. Yarı iletken maddenin (-) kutbundan çıkıp kabloyu güç kaynağının (-) girişine bağlayarak devreyi tamamlayın. (Şekil 6.)

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**



Şekil 6

2. Güç kaynağı ve multimetreleri açın.
3. Güç kaynağının Current (akım) kısmında 'Fine' ayarını en sona, 'Coarse' ayarını ise en başa getirin.
4. Voltajı değiştirerek 2.multimetredeki akım değerini 3 mA'e getirin ve 1.multimetreden Hall Voltaj değerini belirleyip bu değerle devreye verilen voltaj değerini Tablo1'e not alın.
5. Yukarıdaki işlemleri kontrol akım değerini 5 ve 7 mA' e getirerek tekrarlayın ve Tablo 1'e not alın.
6. Cihazları kapatın ve mıknatısı probdan 8, 20 ve 50 mm uzağa yerleştirerek 3-5. Maddeleri tekrarlayın. Bu uzaklığa denk gelen manyetik değeri Tablo 1.'e not alın.
7. Proben her bir uzaklığı için kontrol akımına göre hall voltajının garfiğini çizin.
8. Çizmiş olduğunuz garfiklerin eğiminden ve denklem 8'i kullanarak kristal için Hall Katsayısını hesaplayın. Bulduğunuz değerlerin ortalamasını alarak kristalin Hall Katsayısını belirleyin.
9. Bulduğunuz Hall Katsayısını kullanarak yük yoğunluğunu hesaplayın.
10. Yarı iletken maddenin direncini bulmak, uygulanan değerlerine karşılık gelen kontrol akım değerlerine bölerek hesaplayın, bu değerleri ve ortalama direnci Tablo 2'ye not alın.
11. Her kontrol akım değerine eş gelen öz direnci $\rho = R \frac{sd}{l}$ ve iletkenlik değerini $\rho = \frac{1}{\sigma}$ ifadeleriyle hesaplayın, değerleri ve ortalama öz direnci Tablo 2'ye not alın.
12. Her bir kontrol akımı için bulduğunuz Hall Katsayısı ve iletkenlik değerlerini kullanarak Hall Mobilitesini hesaplayın, değerleri ve ortalama iletkenlik değerini Tablo 2.'ye not alın.



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

13. Yukarıdaki tüm işlemleri B ve C grubu mıknatısları da kullanarak tekrarlayın?

Manyetik Alan değer tablosu

Mıknatısın Proba olan Uzaklığı (mm)	A Grubu (G)	B Grubu (G)	C Grubu (G)
0	2320	3575	4400
1	2026	3394	4000
2	1736	3128	3654
4	1342	2584	3000
6	1014	2084	2412
8	759	1652	1922
10	570	1304	1530
15	294	736	888
20	166	440	660
25	102	278	420
30	66	186	281
35	45	130	197
40	32	93	143
45	24	70	106
50	18	53	82



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

TABLO 1

Prob Uzaklığı(mm)	Manyetik alan (T)	I (mA)	V _H (mV)
2		3	
		5	
		7	
8		3	
		5	
		7	
20		3	
		5	
		7	
50		3	
		5	
		7	

TABLO 2

Uygulanan Voltaj (mV)	Kontrol Akım (mA)	Hall Katsayısı (m ³ C ⁻¹)	Yük Yoğunluğu (m ⁻³)	Direnç (Ohm)	Öz Direnç (Ω m)	İletkenlik (Ω ⁻¹ m ⁻¹)	Hall Mobilitesi (m ² V ⁻¹ s ⁻¹)
	3						
	5						
	7						



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

Sorular:

1. B grubu mıknatısından faydalanarak bulduğunuz Hall Katsayısını kullanarak A ve C grubu mıknatısların probdan 20 mm uzaktayken manyetik alan değerini bulunuz.
Bunun için deney ile hangi değerleri alacağınıza kendiniz karar vereceksiniz.
Bulduğunuz değeri manyetik alan değer tablosunda verilen değerler ile karşılaştırınız.

